

煤矿智能安全管控系统研究与应用

李 苏

内蒙古鄂尔多斯永煤矿业有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017208

[摘要]近年来, 煤矿事故频发引起了广泛关注。虽然煤矿安全管理取得了一定成绩, 但仍然存在诸多挑战, 如矿井地质复杂性、设备运行状态不稳定等因素使得安全管理变得更加复杂。传统的手段难以满足对安全监测与预警的高效需求, 因此智能安全管控系统应运而生, 它整合了数据感知、人工智能判别技术、大数据分析等先进技术, 为煤矿安全管理带来了新的可能性。深入研究煤矿智能安全管控系统的设计与应用, 以期对煤矿安全管理提供更为科学、智能的解决方案。

[关键词]煤矿安全; 安全管控系统; 动态监测

DOI: 10.33142/sca.v7i4.11999

中图分类号: TD67

文献标识码: A

Research and Application of Intelligent Safety Control System in Coal Mine

LI Su

Inner Mongolia Ordos Yongmei Mining Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017208, China

Abstract: In recent years, the frequent occurrence of coal mine accidents has attracted widespread attention. Although coal mine safety management has achieved certain results, there are still many challenges, such as the complexity of mine geology, unstable equipment operation status, and other factors that make safety management more complex. Traditional methods are difficult to meet the efficient needs of safety monitoring and early warning, so intelligent safety control systems have emerged. It integrates advanced technologies such as data perception, artificial intelligence discrimination technology, and big data analysis, bringing new possibilities to coal mine safety management. In depth research is conducted on the design and application of coal mine intelligent safety control systems, in order to provide more scientific and intelligent solutions for coal mine safety management.

Keywords: coal mine safety; safety control system; dynamic monitoring

引言

煤矿作为能源产业的关键组成部分, 在推动社会经济发展的同时, 也面临着复杂多变的安全挑战。矿井环境的高风险性和复杂性使得传统的安全管理方式逐渐显得滞后。为应对这一挑战, 煤矿智能安全管控系统应运而生。该系统借助先进的信息技术, 通过数据感知、大数据处理和关键技术应用等手段, 实现对煤矿安全状况的全面监控和及时预警, 为煤矿安全管理提供了全新的解决方案。

1 煤矿安全问题分析

1.1 煤矿事故统计与趋势分析

在过去的几十年中, 煤矿事故一直是引起广泛关注的焦点问题。通过对煤矿事故的统计与趋势分析, 可以深刻了解安全状况, 并为智能安全管控系统的设计提供必要的背景。根据最近的数据煤矿事故的发生频率虽然在过去几年有所下降, 但仍然存在一定的风险。事故统计表明主要的安全隐患主要集中在井下作业以及通风与排水系统。其中, 由于地质条件、矿井构造等因素引发的地质灾害成为事故的主要原因之一, 尤其是煤与瓦斯突出、矿震等。此外, 通风不畅、作业面气体聚集、设备故障等因素也是导致事故发生的重要因素。通过对趋势的深入分析, 我们发现近年来随着技术的进步, 煤矿事故中智能化与自动化设备的应用逐渐增多, 为事故的防范和应对提供了新的手段。

然而, 仍需关注新兴技术引入带来的管理与操作挑战, 确保其在提高效率的同时不牺牲矿工的安全。

1.2 煤矿安全管理挑战

煤矿安全管理面临着日益复杂的挑战, 这些挑战不仅源于技术层面的困难, 也涉及到人员管理和监管体系的不断优化。首先, 作为高风险行业, 煤矿面临着地质灾害、瓦斯爆炸、顶板垮塌等多种安全风险, 因此, 如何有效应对这些多灾害、高频发生的安全问题成为管理者亟待解决的首要挑战。其次, 煤矿生产作业通常处于地下深井环境中, 这给矿工的安全提出了更高的要求。长时间的井下作业容易导致矿工疲劳, 而且复杂的地质条件和通风不畅造成了事故的易发环境。因此, 如何通过智能技术来提高井下作业的安全性, 是当前亟待解决的关键问题。

此外, 煤矿安全管理还受到人力资源管理和监管制度的影响。人员培训、应急预案制定以及监管力度的加强都是关键的管理要素。在这个过程中, 如何整合先进的智能技术, 提升培训效果和监管效能, 成为提高煤矿安全管理水平的重要挑战。

1.3 智能安全管控系统的关键需求

智能安全管控系统的建设旨在应对煤矿行业中存在的多样化、复杂的安全挑战, 以确保矿山生产的安全可控。首要的关键需求之一是实时的数据感知与监测能力, 系统

需要能够迅速而准确地感知矿井各个区域的温度、湿度、气体浓度等关键数据，以及设备运行状态等实时信息，以及时发现潜在的安全隐患。其次，对于大规模、高维度的数据处理是智能安全管控系统的关键需求之一，系统需要具备高效的大数据采集与处理能力，能够对庞大的数据流进行实时分析，以识别异常事件和预测可能的安全风险。同时，对数据的智能处理和过滤，确保系统能够产生准确、可靠的预警信息。在设计上，系统需要具备友好而高效的界面，以提供直观的安全状态展示和灵活的操作界面。这有助于矿山管理者迅速了解整体安全状况，做出及时决策。此外，系统还应支持远程监控与管理，使管理者能够在不同地点实时掌握矿山安全情况，采取迅速的响应措施。

2 煤矿智能安全管控系统设计

2.1 数据感知与传感器网络设计

数据感知与传感器网络设计是智能安全管控系统中至关重要的组成部分。在煤矿环境中，实时而准确的数据感知是确保安全的首要前提。因此，合理布局 and 选择传感器成为关键策略。对于数据感知，系统需要涵盖多方面的监测，包括温度、湿度、瓦斯浓度、煤尘浓度等环境因素，以及设备运行状态等参数。这些数据的实时感知能力直接决定了系统对潜在风险的敏感性，因此传感器的选择必须考虑其感知范围、准确性和实时性。传感器网络设计需要充分考虑矿井的特殊地质条件和结构特点，合理的传感器布局可以覆盖整个矿井，并确保监测的全面性。同时，传感器之间的通信网络也需要稳定可靠，以确保数据的实时传输，从而提高系统的响应速度。在传感器网络设计中，应充分考虑设备的耐用性和抗干扰性，以应对矿井环境的复杂性^[1]。此外，应考虑传感器的能耗，以确保系统长时间稳定运行而不受到频繁更换电池的干扰。

2.2 大数据采集与处理

大数据采集与处理在智能安全管控系统中扮演着关键的角色。随着矿山运营过程中数据量的急剧增加，如何高效、精准地采集和处理这些数据成为系统设计的核心问题。首先，大数据采集需要考虑数据源的多样性，煤矿环境中的数据来自各个方面，包括传感器监测、设备运行状态、人员活动等。系统需要具备强大的数据采集能力，以覆盖并整合这些多源数据，确保全面、全方位地了解矿山运营状况。其次，大数据处理需要注重实时性和准确性，在煤矿安全管理中，对于异常事件的及时发现至关重要，因此系统需要能够快速响应并分析海量的实时数据。同时，数据处理算法应确保高准确性，以降低误报率提高系统的可靠性。在大数据处理的过程中，系统应具备对数据进行有效过滤和压缩的能力，以减少不必要的信息传输和降低数据存储成本。智能的数据处理算法可以在海量数据中提炼出有价值的信息，为后续的决策提供有效支持。

2.3 数据应用与门户展示

数据应用与门户展示是智能安全管控系统中至关重

要的环节，它直接决定了用户对系统信息的获取和理解效果。首先，数据应用方面，系统需要能够将采集到的大量数据进行有针对性的分析，产生可操作的信息。通过智能化的数据处理算法，系统可以实现对异常事件的识别、预测和分类，为矿山管理者提供即时而精准的安全状态评估。此外，系统还应支持对历史数据的挖掘，为安全管理提供更深层的参考。其次，门户展示是将这些处理后的数据以直观、易理解的形式呈现给用户的重要手段。用户界面应简洁直观，能够一目了然地展示当前矿山的安全状况，包括实时数据、预警信息等。同时，系统还应提供灵活的查询和筛选功能，让用户能够根据需要深入挖掘和分析数据，为决策提供更有力的支持。在门户展示中，远程监控功能也是不可或缺的一部分，通过互联网技术，系统可以实现对矿山安全状态的实时远程监控，让管理者能够在不同地点随时了解矿山的安全状况，及时采取相应措施。

3 关键技术应用

3.1 跨领域融合的人工智能判别技术

跨领域融合的人工智能判别技术是智能安全管控系统中的关键组成部分，核心在于将多领域的数据与人工智能技术相融合，以实现复杂环境中安全隐患的准确判别。首先，这项技术通过整合来自不同领域的的数据，如环境监测、设备运行状态、地质条件等多源信息，形成全面的数据画像。通过深度学习、机器学习等人工智能算法，系统能够从这些数据中学习并识别与安全相关的模式，提高对异常情况的感知和判断^[2]。其次，跨领域融合的人工智能判别技术通过将传感器数据、地质信息、设备状态等多源数据进行智能整合，实现对潜在风险的早期预警。通过建立复杂的模型，系统能够更准确地辨识异常模式，从而提前发现可能的安全威胁。这项技术的优势在于其跨足多个领域，实现了信息的全面交叉与整合。通过将来自矿山不同方面的信息有机结合，系统能够更全面地理解矿山运营的多样性，提高对潜在风险的全局感知。

3.2 立体空间信息整合与分析平台

立体空间信息整合与分析平台在智能安全管控系统中扮演着关键的角色，核心目标在于通过整合矿山的空间信息，实现对矿山立体空间的全面感知与分析。首先，这一平台通过集成地理信息系统（GIS）技术，能够将矿山的地理、空间数据进行有效整合，这包括地质信息、地形结构、巷道布局等多方面的立体空间数据。通过对这些数据的整合，系统实现了对矿山空间结构的全景把握。其次，立体空间信息整合与分析平台通过强大的数据处理和分析功能，能够对这些整合后的空间信息进行深度挖掘。通过空间数据分析，系统能够识别地质构造、巷道稳定性等关键信息，为安全隐患的评估提供科学依据。这一平台的独特之处在于其将矿山的三维结构融入整个智能安全管控系统。通过对空间信息的综合分析，系统能够更全面地理解矿山运营的复杂性和多变性，从而更好地预测潜在的

安全风险。

3.3 知识图谱在安全管控中的应用

知识图谱在智能安全管控系统中的应用是一项关键技术，核心在于通过构建知识图谱模型，实现对煤矿安全管理中的关键信息和知识的高效组织与应用。首先，知识图谱通过建立实体之间的关联关系，将矿山安全管理领域的核心要素进行有机整合，这包括地质信息、设备运行状态、安全规程等多方面的知识元素。通过对这些元素的建模，系统实现了对安全领域知识的全面而深入的把握。其次，知识图谱在安全管控中的应用通过提供智能化的知识推理与查询功能，使得系统能够更加灵活、高效地处理各类安全问题。通过对知识图谱的查询，系统可以迅速了解安全事件的前因后果，辅助决策者更好地理解问题的本质，从而更科学地制定相应的安全管理策略。这一技术的独特之处在于其将煤矿安全管理中的复杂知识结构化，形成一个可视化的、易于理解的知识网络。通过对安全领域知识的图谱化，系统实现了对知识的有机整合，使得管理者能够更加直观、全面地理解煤矿安全管理的相关信息。

4 系统实施与性能评估

4.1 系统硬件与软件实施

系统硬件与软件实施是智能安全管控系统的关键步骤，它直接影响系统的稳定性和性能。在系统硬件方面，高性能的服务器和大容量的存储设备是保障系统正常运行的基础。确保硬件设备的稳定性和高效性能，是保证系统能够及时响应各类安全事件的前提^[3]。同时，合理的传感器部署与网络建设也是硬件实施中不可忽视的方面，传感器的选择应根据矿山的特殊环境，确保具备良好的耐久性和稳定性。网络设施的建设需要满足系统对实时数据传输和远程监控的要求，保障数据的流畅传递。在软件实施方面，系统需要具备先进的数据处理算法和智能化决策模块。这些软件组件应该经过精心设计和调优，以确保系统能够高效、准确地对海量数据进行处理和分析。智能算法的实现需要充分考虑煤矿的特殊工作环境和实际应用场景，保证其在复杂条件下的可靠性。此外，用户界面的设计也是软件实施的关键一环，简洁直观的界面有助于用户迅速理解系统提供的信息，做出及时的决策。良好的用户交互体验可以提高系统的可用性，减轻管理者的操作负担。在系统硬件与软件的实施中，严格的测试和验证是确保系统稳定性和可靠性的重要手段。通过严密的实施流程和有效的测试手段，系统能够在投入使用后快速适应矿山的实际工作环境，为煤矿安全提供持续而可靠的支持。

4.2 系统性能评估指标

系统性能评估指标是智能安全管控系统实施后必不可

少的环节，目的在于全面评估系统的运行效果，确保系统在不同工作条件下都能够稳定、高效地运行。首先，关键的性能指标之一是系统的实时性，系统需要能够实时采集并处理来自各个传感器的数据，确保及时发现并响应矿山中出现的异常事件。实时性的提升直接关系到系统的应急响应能力，因此是一个至关重要的指标。其次，系统的准确性是另一个重要的性能指标，系统通过大数据处理和人工智能算法来进行安全事件的判别和预测，因此其准确性直接影响到系统的可信度。准确性的提升有助于减少误报率，确保系统预警的有效性。除此之外，系统的稳定性和可靠性也是性能评估的关键考量，系统应该在长时间运行中保持稳定，不受外部干扰的影响。可靠性的提升有助于防止系统在关键时刻出现故障，确保系统在各种工作环境下都能够可靠地工作。最后，用户界面的友好性和系统的易用性也是性能评估的一部分。一个清晰、简洁、易操作的用户界面有助于提高系统的可用性，降低管理者的学习和操作成本。通过全面考量这些性能指标，系统的性能评估能够为煤矿安全管理提供科学的数据支持，确保系统在实际应用中能够发挥最佳的效果，从而全面提升矿山的安全管理水平。

5 结语

在煤矿智能安全管控系统的设计与应用研究中，我们深入探讨了数据感知、大数据处理、关键技术应用以及系统实施与性能评估等方面的关键问题。通过对多领域融合的人工智能判别技术、立体空间信息整合与分析平台、知识图谱技术等核心技术的阐述，我们展示了这些先进技术在煤矿安全管理中的重要作用。通过对煤矿智能安全管控系统的研究与应用，我们不仅深化了对煤矿安全管理中关键问题的理解，也为提升煤矿安全管理水平、降低事故风险提供了科学的技术支持。未来，我们期待这一系统在实际应用中不断完善和发展，为煤矿行业的安全生产做出更大的贡献。

[参考文献]

[1] 樊荣, 许金. 煤矿安全智能管控技术现状及发展趋势[J]. 智能矿山, 2021, 2(1): 55-58.

[2] 张倩, 王翀, 杨泽等. 煤矿智能安全管控系统研究与应用[J]. 中国煤炭, 2023, 49(12): 78-84.

[3] 毛善君, 夏良, 陈华州. 基于安全生产的智能煤矿管控系统[J]. 煤矿安全, 2018, 49(12): 102-107.

作者简介: 李苏 (1973.9—), 男, 民族: 汉, 籍贯: 江苏徐州, 毕业院校毕业专业: 中国矿业大学专业采矿工程、中国地质大学(武汉)专业: 安全工程, 研究方向: 煤矿采矿工程, 煤矿安全管理, 现在职位: 安环部主管。